

5.8GHz を用いた車車間通信の中継機能

関 馨[†]

財団法人 日本自動車研究所・ITS センター

〒105-0012 港区芝大門 1-1-30 日本自動車会館 12F (芝 NBF タワー)

TEL:03-5733-7925 FAX:03-5473-0655 E-mail: kseki@jari.or.jp

あらまし 日本自動車研究所 (JARI) ITS センターでは、平成 14 年度から 17 年度まで「車車間通信システムの標準化に関わる調査研究」を「ITS 規格化事業」(経済省殿委託事業)の一環として取り組んだ。平成 16、17 年度には車車間通信の中継機能に注目して、フィールドで 5.8GHz 帯の電波による評価を実施した。本稿では特に平成 (H)17 年度に実施した市街路 (自動車研究所構内) および、住宅地 (横須賀市) における車車間通信中継実験の概要と、通信車両が増加した場合の通信のシミュレーションの概要を紹介し、これらの知見から得られた中継機能の有効性と実用化に向けた課題について述べる。

Data Relay Function of Inter-vehicle Communication using 5.8GHz Band

Outline Japan Automobile Research Institute (JARI) ITS Center has been engaged in the surveillance study for standardization of the inter-vehicle communication system from FY2002 until FY2005, as a part of ITS Standardization Project, commissioned by the Ministry of Economy, Trade and Industry. In FY2004 and FY2005, it conducted evaluation of field performances of relay functions of inter-vehicle communication over the 5.8GHz band. In this paper, the inter-vehicle communication relay tests, especially in the urban road (in the premises of JARI) and residential district (in Yokosuka City) and also simulation of relay functions in case communication mobiles increase are outlined. Availability and suspected problems of relay functions, based upon the data and information obtained, are also described.

1 はじめに

現在、日米欧において安全な自動車走行を支援するための通信が検討され、路車間通信および車車間通信、さらには両者の協調的な利用が模索されている。このような安全のアプリケーションに関しては各種サービスの実施に先立って、情報交換方式の標準化が必須であり、通信プロトコルをはじめ交換するデータやメッセージ、さらにはアプリケーションの標準化を開発に併せて進めておく必要がある。本文は H14 年度から H17 年度まで経済産業省殿からの委託事業として (財) 日本自動車研究所 (JARI) ITS センターが実施した「ITS 規格化事業・車車間通信システムの標準化に関わる調査研究」における H17 年度の成果の一部を紹介するものである。

本調査研究は、5.8GHzDSRC (ARIBT75) を物理層とした車車間通信を用いて、代表的な安全アプリケーションにおける通信の信頼性を確認し、国内および国際標準化のための基礎データの取得を活動項目の一つとしていた。H17 年度は、前年度に実施した車車間通信の中継 (ホッピング) 機能の予備実験をさらに系統的に実施すると共に、シミュレーションによる中継機能の特性を検証することにより、その実用化の可能性と課題を明らかにすることを目標とした。

一般に、中継機能を含む車車間通信は、路側のネットワ

ークインフラを経ることなく車の情報を周囲の車に伝達させる手段として期待されている。例えば、海外で検討されている車車間通信のアプリケーションとして、ある車が発見した事故などの情報を、中継を繰り返して (マルチホップ) 後方の車に知らせる、あるいは、中継によって特定地域内の車全体に情報を伝達するといった、一種のプローブカー的なサービスが含まれている。

一方、中継機能を利用して送信車両 (送信機) からの同一の情報をある領域に重ねて送り、車によるシャドウイングなどの影響を軽減し、情報伝達の信頼性を向上させることもできる。また、直接電波の届きにくい場所に中継によって情報を送るといった利用法もある。(図 1)

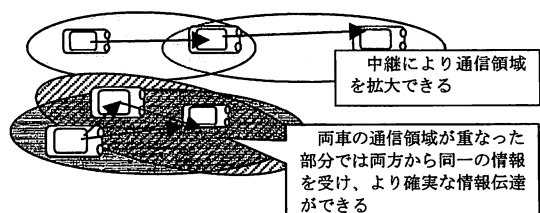


図 1 車車間通信の中継機能の活用

このように、中継は車車間通信のアプリケーションを増加させる重要な機能であり、今後、安全運転の支援などに広く利用されるものと期待される。

2 調査研究の概要

JARI/ITS センターでは H16 年度にも見通し内、見通し外の環境で車車間通信の中継実験を行っている。ただし、見通し外については手近かな建物を利用した予備実験のレベルであり十分な検討は行わなかった。H17 年度は模擬的な市街地および実際の住宅地を選定して、交差点での中継機能に焦点を当てたフィールド実験を行った。また、簡易なシミュレーションにより、中継通信に参加する車両台数が増加した場合の通信品質を検討した。

(1) 交差点における中継通信の品質調査

交差点の見通し外の位置関係における中継は、通信当事者（車両）同士が、いわゆる隠れ端末の関係となることが想定される。実験では見通し内と見通し外の通信環境において中継による通信品質を確認し、特に隠れ端末の影響を検証した。実験環境としては、

(a) 模擬市街地（JARI 構内）

(b) 住宅街（YRP（横須賀市内））

の 2 通りを設定した。

(2) シミュレーションによる車両増加時の中継通信の品質検討

交差点等の直接通信ができない地域で車両台数が増大した場合について、中継による通信品質の変化をシミュレーションで確認した。ここでのシミュレーションは MAC 層及びネットワーク層の機能のみをものとし、電波伝搬特性は考慮していない。

3 交差点における中継通信の実験

交差点実験における通信品質の評価項目は受信電界強度（以下 RSSI）、パケット到達率、PING を用いた往復遅延測定の 3 項目である。

3.1 通信方式

以下に通信方式の概要を述べる。

(1) パケットフォーマット

パケットフォーマットを表 1 に掲げる。

表 1 パケットフォーマット

名称	長さ(バイト)	説明
MAC 制御	パケット長	中継などの MAC 制御に使用
	パケット種別	
	シーケンス番号	
	中継回数	
	予備	
Ethernet ヘッダ	14	
IP ヘッダ	20	
UDP ヘッダ	8	
UDP データ	100	ユーザデータ領域

パケットは遅延 測定で PING を使用するため、Ethernet パケットをカプセル化したものを利用した。

(2) 中継タイミング

中継回数が規定回数未満の場合の送信タイミングを以下に示す。TX（送信車両）が 1 というパケットを送信する。1 は HP1（中継車両 1）のみが受信し、中継回数が規定回数に達していないので中継する。このとき受信完了後から

中継すると判断するまでに要する時間は約 $100 \mu \text{sec}$ 、CSMA による遅延時間 $500 \mu \text{sec}$ を足した約 $600 \mu \text{sec}$ 後にパケットは送信される。図 2 に中継のタイミングを示す。

（実験では中継回数 1 回と規定）

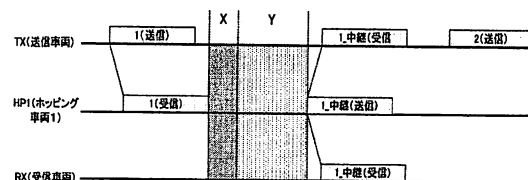


図 2 中継動作タイミング

(3) パケット重複処理

TX からのパケットを RX が受信できるような状況 (TX, RX, HP1 の 3 台が見通し内にいる) では、先に受信したパケットを有効とし、後から届いたパケットは破棄される。

(4) 通信仕様

通信部分の仕様を表 2 に示す。

表 2 通信仕様

項目	諸元
送受信周波数	5.8GHz 帯
変調方式	$\pi/4$ シフト QPSK
送信電力	0.01W
伝送速度	4.096Mbps

3.2 フィールド実験

以下に実験条件、結果を述べる。

(1) 実験条件

建物等による見通し外環境の交差点を模擬した場所にて、送信 (TX) 車両 (A)、受信 (RX) 車両 (B)、中継 (HP: ホッピング) 車両の場所をそれぞれ移動させ、受信車両における RSSI、とパケット到達率を測定した。

送受信車両の移動範囲を表 3 に示す。

表 3 交差点における送信車両と受信車両の移動範囲

実験種別	送信車両位置	受信車両移動範囲
(a)	交差点から 5m	交差点から 100m 迄
(b)	交差点から 25m	交差点から 200m 迄

測定パケット数は1測定あたり 1000 パケットとする。
パケット送信間隔は 100ms であるため、1 測定あたりの時間
は 100 秒 (= 1 分 40 秒) となる。

(2) 実験場所

実験場所は以下の 2 箇所とした。

- ・模擬市街環境 : JARI 構内 (図 3)

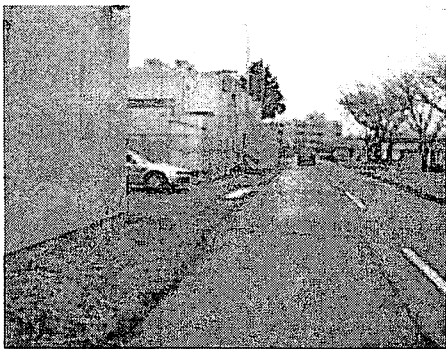


図 3 模擬市街地環境 (JARI 構内)

- ・住宅地環境 : YRP (横須賀リサーチパーク: 横須賀市) 周辺の住宅街 (図 4)

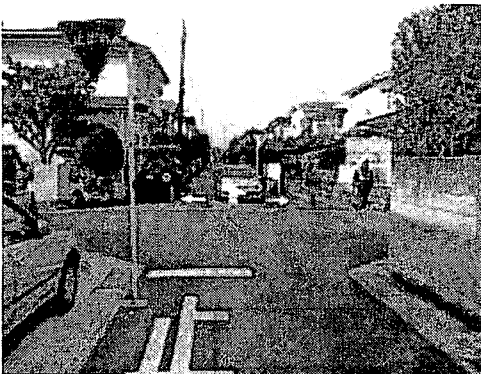


図 4 YRP 付近の住宅街

(3) 実験手順

2 台の送受信車両 (車両 A 及び車両 B) と中継車両 (HP1) を見通し内及び見通し外の環境に配置して、パケット到達率を測定する。送受信車両の停止位置は、交差点の互いに

交差する道路の上に配置し、中継車を置いた場合と置かない場合についてデータを探った。車両 A 及び車両 B は、それぞれ 100ms 周期でパケットを送信するため、見通し外 (隠れ端末状況) の場合、送信タイミングによってはパケットが連続して衝突する可能性があるため、各車両の送信開始タイミングをランダムに発生させ、5 回程度測定を実行する。1 回あたりの送信パケット数は 1000 パケットとする。(1 測定 約 3 分)

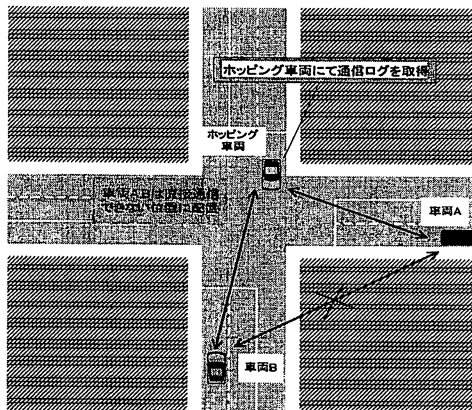


図 5 車両配置

(4) 実験結果

受信電力 (RSSI) の測定結果から、交差点周囲 100m 以内では中継によって車両 A-中継車両、車両 B-中継車両間は、いずれもパケットエラーが発生しない十分な受信電力が得られていることがわかっており、見通し外双方向通信環境におけるパケットエラーは、車両 A と車両 B がキャリアセンスによってお互いの存在が確認できないことによるパケット衝突、いわゆる隠れ端末による劣化であることが推測できた。本文では両実験場所で取得した実験データの例としてパケット到達率を紹介する。これは走行時のパケット受信位置のデータから 10m 毎のパケット到達率を算出した結果である。結果を図 6、7 および表 4、5 に示す。

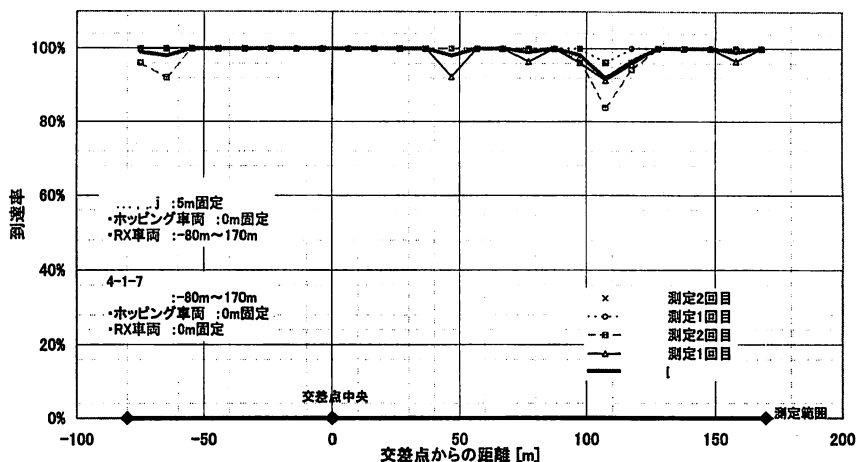


図 6 模擬市街交差点におけるパケット到達率（送信車両 5m セットバック：中継あり）

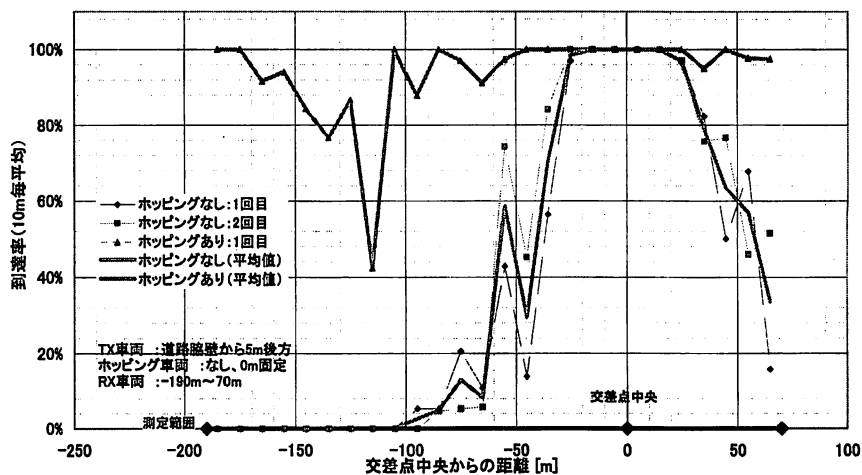


図 7 住宅地交差点におけるパケット到達率（送信車両 5m セットバック）

表 4 模擬市街交差点におけるパケット到達率まとめ

送信車両位置	パケット到達率90%以上の範囲(交差点中心)	
	中継 なし	中継 あり
5m	-60m~50m	-80m(測定限界)~170m(測定限界)
25m	-35m~35m	-80m(測定限界)~100m 110m~170m(測定限界)

表 5 住宅地交差点におけるパケット到達率まとめ

送信車両位置	パケット到達率90%以上の範囲(交差点中心)	
	中継 なし	中継 あり
5m	-30m~30m	-190m(測定限界)~-150m -110m~70m(測定限界)
25m	-7m~10m	-190m(測定限界)~-140m -90m~70m(測定限界)

図 6 及び図 7 の結果より、パケット到達率が 90%を超える通信範囲は表 4、表 5（前頁）のようにまとめられる。なお、図 7 では”ホッピング”を”中継”と同じ意味で用いている。

中継を行った場合、いずれの結果も交差点（＝中継車両位置）から 100m を超えたあたりでパケット到達率の劣化傾向が見られる。これは中継車両と受信車両の位置関係が路面反射の影響による受信電力の落ち込み位置になるためと考えられる。

パケット到達率の劣化は住宅街の方が大きくなっている。また中継なしの場合も、住宅街の方が JARI 構内に比べて、大きくパケット到達範囲が劣化している。この原因として、周りの建物は住宅街の方がより密集していること、道路幅が狭いこと、樹木の存在、建物の配置等環境の違いが原因として考えられる。

伝達遅延については、中継によるパケット往復時間は平均で約 4.25ms（この中には PING の処理時間も含まれる。）であり、この結果は H16 年度の実験結果 4.55ms と良く一致していた。ここから、今回実験にて使用した中継方式による通信遅延増加は、約 1ms 程度と推定され予想通りの結果であった。

3.3 シミュレーション

通信車両台数が増大した場合について中継による通信品質をシミュレーションした。特に、通信トラフィックの増加が通信品質に与える影響を検証したが、本文では実施した中で、見通し外車両間（交差点、隠れ端末あり）での通信品質評価について紹介する。

(1) シミュレーションモデル

図 8 にシミュレーションモデルを示す。実験との比較のために、見通し内の車両との通信品質と見通し外の車両との通信品質を分けて評価する。各車両は、見通し内車両のみと直接通信可能であるとし、見通し外車両との通信は中継車両を介してのみ可能である。なお、本シミュレーションではパケット連送の効果もみている。

(2) 評価パラメータ

本シミュレーションでは、PER 及びパケット到達遅延に関して評価を行う。PER 及びパケット到達遅延の定義を以下に示す。

(a) パケットエラー率 (PER)

[パケットエラー率 (PER)]

$$= 1 - [\text{受信車両のパケット受信成功回数}] \div [\text{送信車両のパケット生成回数}]$$

ここで、パケット生成回数はデータ更新回数に等しいものとする。従って、送信車両において、連送によって同一データの packets を複数回送信してもパケット生成回数としては 1 回増加するのみである。また、受信車両において、連送または中継によって同一データ

の packets を複数回受信成功した場合、パケット受信成功回数としては 1 回増加するのみであるとする。

(b) パケット到達遅延

[パケット到達遅延]

$$= [\text{受信車両のパケット受信終了時刻}] - [\text{送信車両のパケット生成開始時刻}]$$

条件：遮蔽物あり、ホッピング車両あり（交差点内に 1 台）

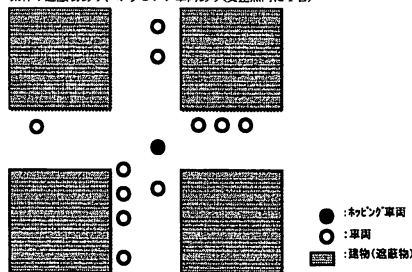


図 8 シミュレーションモデル

ここで、パケット生成開始時刻はデータ更新時刻に等しいものとする。すなわち、伝播時間は無視しているので、パケット到達遅延は、送信車両においてデータ更新から実際に packets を送信開始するまでの時間とパケット長（時間に換算）の和に等しい。また、受信車両において、連送または中継によって同一データの packets を複数回受信成功した場合、最初に受信に成功した packets の受信終了時刻を基にしてパケット到達遅延を計算するものとする。

(3) シミュレーション結果

シミュレーション結果の例として見通し外交差点における車両間の通信品質評価について紹介する。

図 9 及び図 10 に、交差点における見通し外車両間通信に中継車両が 1 台存在する場合の平均 PER-通常車両台数特性及び平均パケット到達遅延-通常車両台数特性を示す。

紙面の都合で結果をすべてここに紹介することはできないが、本シミュレーションによって以下のような知見が得られている。

当然ではあるが、同じ車両台数であるならば、全ての車が見通し内に入っている場合に比べて、見通し外車両が存在する交差点の場合の方が PER の特性は良くなっている。これは、見通し外車両とは直接通信が出来なくなるだけでなく、お互いに干渉（パケット衝突）することもなくなるので、その結果見通し内車両間の通信における通信トラフィックが減少（半減）するためと想定された。

また、中継車両を介した見通し外車両との通信は、見通し内車両との通信に比べて大きく劣化していることが分かった。これは、見通し外車両はいわゆる”隠れ端末”となっており中継車両が受信する時点でパケット衝突が多発しているためであると想定される。さらに、見通し外車両におけるパケット到達遅延は見通し内車両に比べて増加していることが分かった。これは中継車両を介することによる遅延が原因であると想定される。

以上のように、本研究におけるシミュレーションは、伝播特性を考慮していない簡易なものであり、そこから得られた知見も、ほぼ定性的に予想できる範囲のものであったが、車両台数の増加の影響を定量的に示す試みの第一歩と位置づけ、今後改良を進めていきたい。

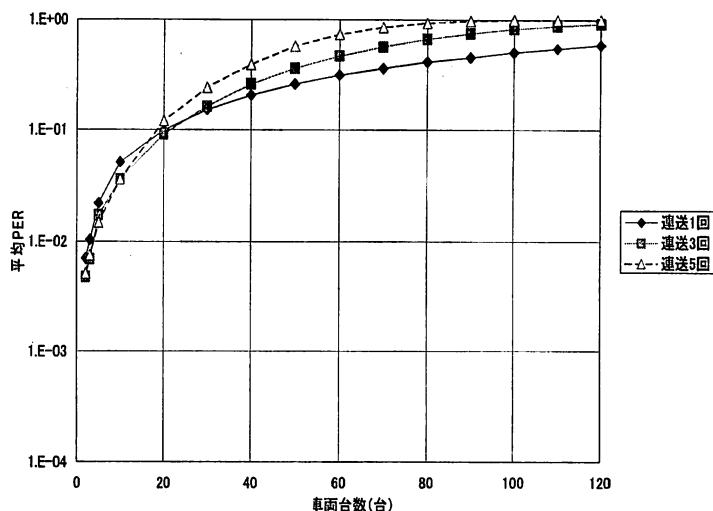


図9 平均PER-車両台数特性 (交差点見通し外車両)

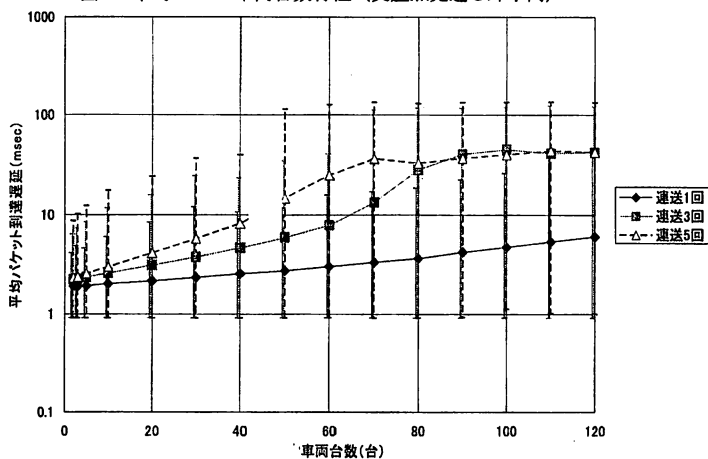


図10 平均パケット到達遅延 車両台数特性 (交差点見通し外車両)

4 実験およびシミュレーションまとめ

H17年度の実験およびシミュレーションは、交差点における見通し外の位置にある車両間の通信を具体的に想定し、車々間通信における中継の有効性確認と課題抽出を目的に実施した。本文では紹介できなかったが、交差点において、見通し外の車両間通信を成立させるための中継車両の位置範囲データも取得できており、これらについては参考文献【9】に掲げたH17年度のJARI報告書を参照していただきたい。こうした実験により、今後の車々間通信の中継機能の有効性検討の基礎データが得られたものと考ええる。また、見通し外車両間における双方向通信に関しても、隠れ端末問題に関わる通信性能を測定することができた。

さらに、H16、17年度の実験で使用了車々間通信装置の仕様に基づき、PER及びパケット到達遅延の2つの通信品質評価項目に関してシミュレーションを実施した。本シミュレーションは簡易なものであるが、これによって、通信車両台数の増加に対する連送の効果と、交差点を想定した見通し内車両間及び見通し外車両間の通信品質に中継が与える影響をある程度想定することができた。

以下では今年度の成果も踏まえ、H14～H17年度にかけて実施した車々間通信機能の実験の全体の総括を簡単に行う。

(1) 5.8GHz車々間通信の検討(これまでの研究の総括)

車々間通信の検討およびフィールドにおける確認実験に関する活動成果の詳細は、H14年度～H17年度までの各年度の報告書まとめられているが、要約すると以下の通りとなる。

* ARIB STD-T75規格の周波数5.8GHz、変調方式QPSK、伝送速度4.096Mbpsを用いて、プロトコル機能確認のための基礎的な実験データを取得し、車々間通信システムへの適用可能性を確認した。

* 市街地、郊外の各々の環境で単路や交差点における見通し内および見通し外の電波伝搬実験を行い、見通し内の場合には十分な通信範囲が得られるが、交差点などの見通し外では直接情報の伝達を行うことが困難であることを確認した。

* 交差点における安全走行支援を実現するために、中継車両による中継機能を検討し、シミュレーションとフィールド実験による確認を行った。送信車両と受信車両間の見通しが取れない場合に、両方の車両を見通せる位置にある中継車両を経由して中継通信を行うことで通信が可能となること、および通信の遅延時間も少ないことが確認できた。

* 都市部の交差点では多数の車両が存在する可能性があり、通信する車両台数の増加に対する通信品質の変化をシミュレーションによって評価した。その結果、通信車両が増加すると、キャリアセンスがで

い隠れ端末が増えて送信パケットの衝突が多数発生し、パケットの伝送遅延も大きくなることがある程度定量的に想定できた。

以上の各種検討およびフィールド実験の結果、見通し外においては中継による伝達の方法が有効であること、一般的な車両密度であれば中継による情報の遅延も問題にならないことが実証された。

一方、交差点における中継車両は、情報を交換したい車両間の両者にも見通しのとれる位置に存在する必要がある。したがって、郊外の交差点のように通行車両の少ない場合には中継車両を利用できないことも考えられるが、逆に郊外では見通し伝搬路が確保できず中継を必要としない可能性も高くなることになる。

中継車両の利用は、交差点の交差部分に固定した路側中継装置を置くことと等価であり、本調査研究の一連のシミュレーションおよびフィールド実験の結果は、中継を含む車路車間通信に広げた場合にも有効な結果を提供したことになる。

5 今後の課題

ここでは、5.8GHz 帯車車間通信の実現に向けた課題についてまとめる。

(1) 通信方式上の課題

本研究で考えられている方式は、各車両は100msごとに自車のデータ・パケットを送信し続けるものである。この機能によって、運転者が意識しなくても注意喚起信号を自動的に他の車両に伝達できるが、一方、必要のないときにも常に電波が発信されていることになる。電波の利用上から考えると不要な電波発射は極力抑える必要がある。このための方策として、地図や道路インフラを使った方法が考えられる。

(a) 交差点におけるアプリケーション

・地図データと自車位置から交差点手前を判断し、必要な位置から送信を開始する。

・路側のビーコンの信号範囲に入ったときに送信を開始する。

(b) 単路におけるアプリケーション

・自車両のセンサから危険な事象データが得られた場合に送信を開始する。

・外部から危険な事象データが受信された場合に、他の車両に送信を開始する。

などの方法が考えられる。

(2) 中継方式の課題

見通しの利かない交差点などで中継機能を用いることによって、出会い頭の事故などを防止するためのデータ伝達が可能となることが本研究で検証された。本研究における検討は、中間に存在する車両による中継機能を用いているが、道路側に同様の機能を持つ路側装置を配置できれば更に確実な情報伝達が可能となる。

実験において中継機能を検証するために用いられた中継方式は、受信したパケットの中継回数が規定値以下の場合に中継送信するシンプルな方式であるが、路側装置が利用可能であれば、さらに通信品質を向上させるための対策がとれる可能性がある。

(3) 電波到達範囲の課題

5.8GHzの電波を用いる場合、VHFやUHFの周波数に対して通信ゾーンを設定することが比較的容易ではあるが、見通し可能な範囲であればかなりの距離まで伝搬する可能性がある。平成16年度に行われた実験の結果から、直線路の見通し内における通信範囲は800m以上となっている。都市部における交差点などへの適用を考えた場合、必要とされる場所以外の近隣の交差点にも電波が到達することは充分考えられる。他の交差点からの電波が受信された場合、位置情報との組み合わせなどによるアプリケーション・レベルで受信情報を選別する対策することも可能であるが、物理層における干渉問題やCSMAの動作に関しては、シミュレーションや広域の実験による確認を充分行っておく必要がある。

(4) 通信容量の課題

安全走行支援のために考えられているアプリケーションの場合、そのための情報をデータの形式で伝達するとすれば、伝送するデータの容量はそれほど大きなものにはならない。従って、本調査研究の実験におけるパケット長を100オクテット程度とした伝送容量の設定は充分意味がある。しかしながら、情報を音声や映像の形式で直接伝達する場合には通信容量が非常に大きくなる可能性がある。例えば安全に関する注意情報の場合でも、直接映像で見せることが非常に効果的である事象も考えられる。安全のための機能の面からこうしたリクワイアメントが強く出される場合には、通信方式を再検討する必要がある。

6 標準化に向けた今後の進め方

安全のための通信には標準が不可欠であることを本文の冒頭に述べた。本調査研究の最終的な目標も標準化への寄与であった。以下に国内、国際標準化への取り組み方針を述べる

(1) 国内標準化活動

日本における各種通信の実用化に必要な規格化作業は、総務省の諮問機関である情報通信審議会の答申に基づいて電波産業会が作業を行い、ARIB規格として制定されている。ITSに関連したARIB規格を検討しているのはITS情報通信システム推進会議(ITS-Forum)であり、車車間通信に関しても同推進会議内の車々間通信システム専門委員会が作業を進めている。JARIの車車間通信標準化分科会は、このITS-Forumと密接に連携をとりながら調査研究を進めてきており、これまで行われた各種の実験もこうした連携に基づいており、その成果はITS-Forumの活動に寄与している。

本年(2006年)1月に、政府の「IT新改革戦略」が発表された。この中の一項として、「安全・安心な社会の実現」があり、交通事故死者数を5000人とする具体的目標の設定と、交通事故死者で大きな割合をしめる交差点事故や歩行者事故に対する取り組みが記されている。交差点事故防止については、車車間・路車間連携した安全運転支援システムを2010年に実用化するという。今後、安全運転支援のための車車間通信システムはこの目標に向かって実用化のための開発と標準化作業が推進される

ことになる。こうした背景から、JARI は本研究の成果を基にして引き続き日本の車車間通信の標準化作業に貢献する活動を行わなければならないと考えている。

(2) 国際標準化活動

ITS を扱う ISO/TC204 における車車間通信の標準化作業は一部 WG16 の中で立ち上がりつつある。安全運転支援のための車車間通信システムについては、そのアプリケーション関連の作業を WG14 (走行制御) が担当し、通信関連の作業を上記の WG16 (広域通信) が担当することになるものと想定される。一方、通信関連の国際標準化機関には ITU があり、OSI レイヤの下位層に関して国際的な勧告を行っている。一般に ITU に対する活動は、前述の ITS-Forum の検討による ARIB 規格が基になって国際提案が行われる。日本はこれまでも路車間通信のための DSRC の国際標準化作業を ISO 及び ITU の両面から推進してきた。車車間通信に関しても、同様の戦略的な対応が必要である。JARI/ITS センターとしては、主として ISO における車車間通信の標準化活動に向けて貢献していく予定である。

参考文献

- 1 関 馨他 5.8GHz 周波数を用いた車車間通信の情報伝達特性について自動車研究 26 巻 9 号 (2004. 9)
- 2 K.Seki Characteristics of Inter-vehicle Information Transmission Using 5.8GHz Bandwidth11th ITS World Congress (2004.10)
- 3 関 馨 5.8GHz 帯を用いた車車間通信の伝達特性情報処理学会第 19 回 ITS 研究会 (2004.11)
- 4 関 馨” 5.8GHz におけるマルチホップ特性” 自動車研究 27 巻 5 号 (2005. 5)
- 5 K.Seki ” A study on Data Relays in Inter-vehicle Communication” 12th ITS World Congress (2005.11)
- 6 経済産業省委託 ITS の規格化事業 車車間通信システムの標準化に関する研究 (平成 14 年度) 報告書 自動車走行電子技術協会 (2003. 3)
- 7 経済産業省委託 ITS の規格化事業 車車間通信システムの標準化に関する研究 (平成 15 年度) 報告書 日本自動車研究所 (2004. 3)
- 8 経済産業省委託 ITS の規格化事業 車車間通信システムの標準化に関する研究 (平成 16 年度) 報告書 日本自動車研究所 (2005. 3)
- 9 経済産業省委託 ITS の規格化事業 車車間通信システムの標準化に関する研究 (平成 17 年度) 報告書 日本自動車研究所 (2006. 3)